

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Pneumatické upínání volného konce hadice na lavici pro výrobu hadicových montáží

Pneumatic Clamping of the Free Hose Ending on the Hose Assembly Bench

Student:

Radim Rygel

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.

Ostrava 2014

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení

Zadání bakalářské práce

Student: **Radim Rygel**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R007 Hydraulické a pneumatické stroje a zařízení
Téma: Pneumatické upínání volného konce hadice na lavici pro výrobu
hadicových montáží
Pneumatic Clamping of the Free Hose Ending on the Hose Assembly
Bench

Zásady pro vypracování:

- 1) Popište pracovní postup montáže koncovek hydraulických hadic.
- 2) Navrhněte pneumatický systém pro upínání volného konce hadic při jejich řezání.
- 3) Zvolte prvky z katalogu firmy Parker Hannifin.
- 4) Funkci obvodu prakticky ověřte na trenažeru.

Seznam doporučené odborné literatury:

KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 344 s.
BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 pp. ISBN 978-3-540-69470-0
KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0
Katalog pneumatických prvků Parker Hannifin.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Lukáš Dvořák, Ph.D.**

Datum zadání: 17.02.2014
Datum odevzdání: 19.05.2014



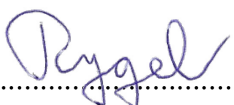
doc. Dr. Ing. Lumír Hružík
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta:

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 19.5.2014



.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 19.5.2014


.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Radim Rygel

Adresa trvalého pobytu autora práce: Ivana Kubince 48, Kravaře

ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

RYGEL, R. Pneumatické upínání volného konce hadice na lavici pro výrobu hadicových montáží : bakalářská práce. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra hydromechaniky a hydraulických zařízení, 2014, 39 s. Vedoucí práce: Dvořák, L.

Bakalářská práce se zabývá návrhem pneumatického upínání volného konce hadice na lavici pro výrobu hadicových montáží. V úvodu je přiblížen postup montáže koncovek hadic včetně fotodokumentace z podniku. Následují různé návrhy provedení. Návrhy s jedním a dvěma motory jsou navíc prakticky ověřeny na trenážeru. Zbývajících prostor je věnován návrhu upínače s jedním motorem. To znamená volba jednotlivých prvků a jejich popis. Upínací systém je také zpracován v CAD systému kvůli ověření případných problémů v konstrukci a následné vizualizaci. Závěrem jsou pokyny pro uvedení do provozu. Výkres upínacího systému je přiložen v příloze bakalářské práce.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

RYGEL, R. Pneumatic Clamping of the Free Hose Ending on the Hose Assembly Bench : Bachelor Thesis. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Hydromechanics and Hydraulic Equipment, 2014, 39 p. Thesis head: Dvořák, L.

The bachelor thesis is dealing with pneumatic clamping of the free hose ending on the hose assembly bench for the production of hose assembly. At the beginning the installation process of the hoses' terminals is outlined including photos from the company. Following the implementation of the various proposals. Proposals with one and two valves are also experimented on the trainer. The remaining space of the thesis is devoted to proposal with one valve. This means the components choice and their description. The clamping system is also processed with the CAD system to avoid the construction problems and for subsequent visualization. Finally, the guidelines for work initiation are described. Drawing of the clamping system is included in the enclosure of the bachelor thesis.

Obsah

	strana
Seznam použitých značek a symbolů	8
0 Úvod	9
1 Hydraulické hadice	10
2 Pracovní postup montáže koncovek hydraulických hadic	11
3 Návrh pneumatického systému pro upínání volného konce hadic	14
4 Schéma a popis pneumatického obvodu	17
4.1 Popis funkce	18
5 Varianta se dvěma motory	18
5.1 Schéma pneumatického obvodu se dvěma motory	19
5.2 Použití ventilu 5/2 s aretací	20
6 Praktické ověření funkce	21
7 Volba prvků	22
7.1 Přímočarý motor	22
7.2 Jednosměrný škrticí ventil	24
7.3 3/2 ventily ovládané tlačítkem	25
7.4 5/2 Rozváděč nepřímě řízený	26
7.5 Tlumič hluku	26
7.6 Logický člen	27
7.7 Jednotka pro úpravu vzduchu	27
7.8 Odvzdušňovací ventil	28
7.9 Hadice a šroubení	29
8 Rekapitulace prvků	30
9 Konstrukční návrh systému	31
9.1 Vodicí část	31

9.2	Jezdec	32
10	Barevné provedení	34
11	Uvedení do provozu	35
11.1	Postup při krácení hadic	35
12	Závěr	36
13	Použitá literatura	37
14	Seznam příloh	39

Seznam použitých značek a symbolů

D	Průměr pístu	[m]
F	Síla	[N]
Q	Průtok	[Nl/min, l _N /min, l/min]
S	Plocha	[m ²]
p	Tlak	[Pa]
v	Rychlost	[mm·s ⁻¹]

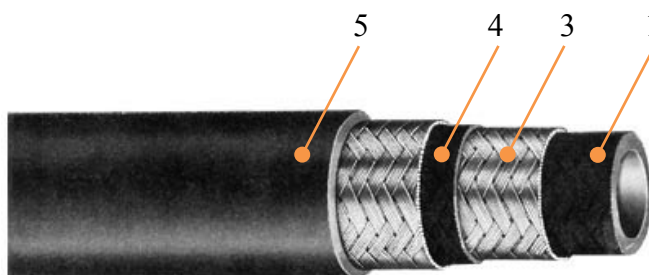
Úvod

Hydraulické hadice jsou hojně využívány ve velké škále odvětví – těžký průmysl, mobilní technika, hutnictví a spousta dalších. Samotná hadice je však pro většinu aplikací nepoužitelná. Je nutné hadice vybavit koncovkami. Vzhledem k vysokým tlakům je nutné tyto koncovky nalisovat. Tento proces se nazývá armování a provádí se na lisech se speciálními čelistmi. Seznámení s technikou a postupem armování hadic se nachází na začátku práce. Jakmile si zákazník vybere hadici a koncovky, je nutné hadici z role zkrátit na požadovanou délku. Většina podniků používá klasické otevřené L profily pro vedení hadic. Na spodním rameni profilu bývá posuvný doraz, kterým si obsluha nastaví požadovanou délku, doraz aretuje šroubem, a poté používá pro odměřování délky hadice. Tento způsob je jednoduchý, ale selhává při řezání delších hadic, kdy jeden pracovník nezvládá držet hadici přesně na dorazu a zároveň mít hadici napnutou. K tomuto úkonu je potřeba dvou pracovníků.

Má práce se touto problematikou zabývá a hledá způsob, jak by tyto hadice mohla řezat jedna osoba. V práci je seznámení s více návrhy, z nichž bude jeden řešen kompletně včetně výkresové dokumentace a vizualizace. Zpracování v CAD systému je velmi přínosné pro volbu rozměrů vzhledem k zvoleným prvkům, a také pro řešení případných kolizí. Řeším rozmístění prvků kvůli bezproblémové funkčnosti a vhodné ergonomie pro obsluhu. Prvky jsem volil od firmy Parker Hannifin, která patří ke světovým lídrům v oblasti technologií a systémů pro řízení pohybu. Mezi její obory zaměření patří také hydraulika a pneumatika a jejich škála výrobků je doopravdy obrovská.

1 Hydraulické hadice

Vysokotlaké hydraulické hadice jsou použity v místech, kde dochází ke vzájemnému pohybu prvků, popřípadě rozvádějí kapalinu na kratší vzdálenost. Hadice se vyrábějí z pryže, standardně pracují s tlaky do 42 MPa, v rozmezí teplot -40 až 100 °C a základním médiem je hydraulický olej. Konstrukce závisí na výši pracovního tlaku a dle toho se volí provedení s textilním opletem, ocelovým opletem nebo ocelovým spirálním ovínem. Oplety jsou jednovrstvé, dvouvrstvé, třívrstvé atd.



Obr. 1.1



Obr. 1.2

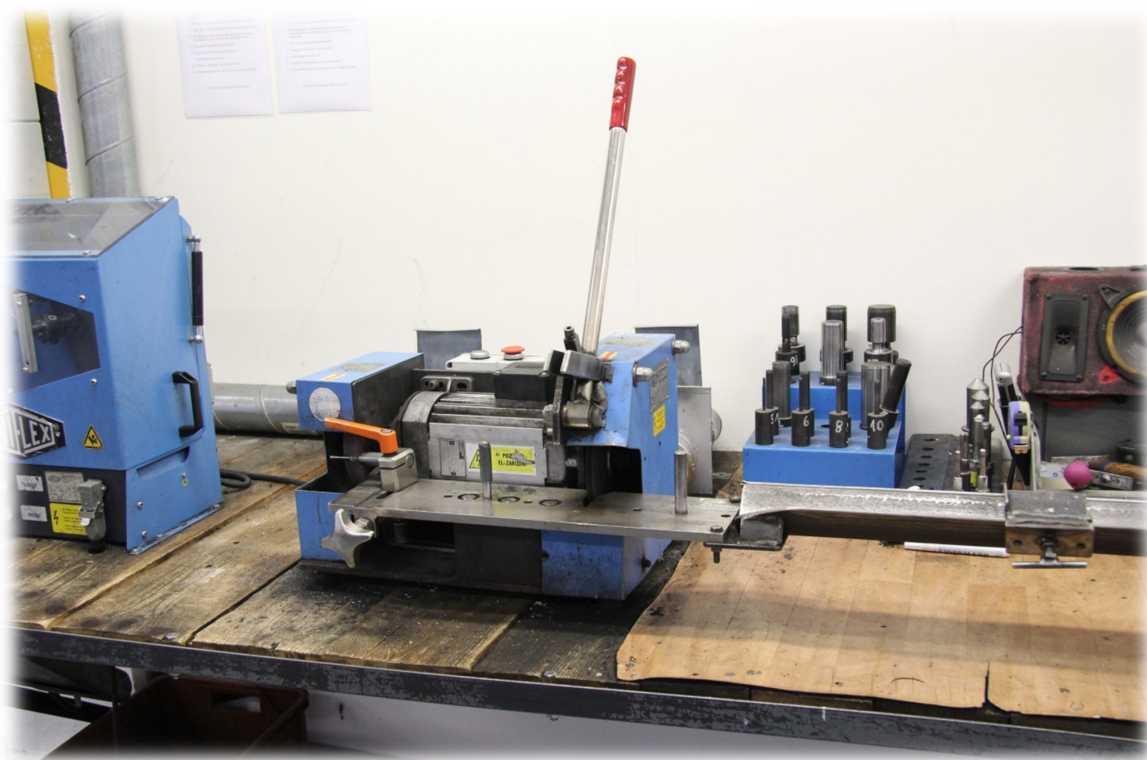
Obr. 1 – Konstrukce hydraulických hadic v řezu [6]

Obr. 1.1 – se dvěma oplety, obr. 1.2 – se šesti oplety: 1 – pryžová duše, 2 – textilní tkanina, 3 – ocelový oplet, 4 – pryžová mezivrstva, 5 – pryžový obal

Vysokotlaké hadice se vyrábějí v palcových vnitřních rozměrech dle normy. Nejrozšířenější normy jsou americké SAE, mezinárodní ISO a evropské EN. Existují i speciální provedení hadic nad rámec norem. Mezi takové patří např. hadice s: vyšší elasticitou, vyšší odolností obalu proti oděru, vyšší chemickou odolností, vyšší tepelnou odolností a vyššími tlakovými parametry. Výčet provedení najdeme v katalozích výrobců: Semperit Semperflex, Parker, Tribalflex, Gates, Eaton a dalších.

2 Pracovní postup montáže koncovek hydraulických hadic

O předvedení samotné montáže koncovek jsem požádal firmu AVHB Hydraulika s.r.o., sídlící v Opavě – Komárově. Hadice jsou výrobcem dodávány v metráži, tudíž prvním krokem je nařezání hadice na požadovanou délku. To se provádí na řezačce hadic s elektropohonem, která je vybavena hladkým řezným kotoučem s otáčkami 2900 ot/min. Většina firem má vedle řezačky umístěnou stolicí („koryto“) z otevřeného profilu průřezu L s posuvným dorazem, pomocí kterého si obsluha předem nastaví požadovanou délku, odmotá hadici z bubnu až po doraz a ruční pákou provede řez. Následně je nutné provést ořez vnější nebo vnitřní vrstvy hadice (tzv. zdrhnutí) dle použité koncovky. K tomu slouží ořezávačka s trnem, na nějž se nasune konec hadice a brusným kotoučem či noži se provede ořez. Před nasunutím koncovky si pracovník udělá fixem značku, se kterou musí korespondovat hrana objímky po zasunutí do hadice, čímž je zaručeno úplné zasunutí koncovky. Tuto značku umí některé modely ořezávaček udělat automaticky při ořezu. Hadice se před montáží koncovek profoukne stlačeným vzduchem.



Obr. 2 – Pila s ruční ořezávačkou poháněna jedním elektromotorem [1]

Koncovky a objímky hadic se vyrábějí CNC obráběním, kterým se firma AVHB také zabývá. Existuje široká škála pro různé aplikace, a proto je celá řada katalogů, kde si zákazník může vyhledat nejvhodnější pro jeho aplikaci. Ke koncovkám vždy přísluší určitá objímka či je koncovka s objímkou jako jeden kus. Často se používá i micro značení objímek, tzn. stroj na obvod objímky vyrazí znaky (většinou číslo zakázky a datum výroby). Toto značení je výhodné zejména pro pozdější údržbu, kdy už nápisy na hadicích nemusí být čitelné a servisní mechanik potřebuje určit stáří hadice, aby se předešlo nebezpečí prasknutí.



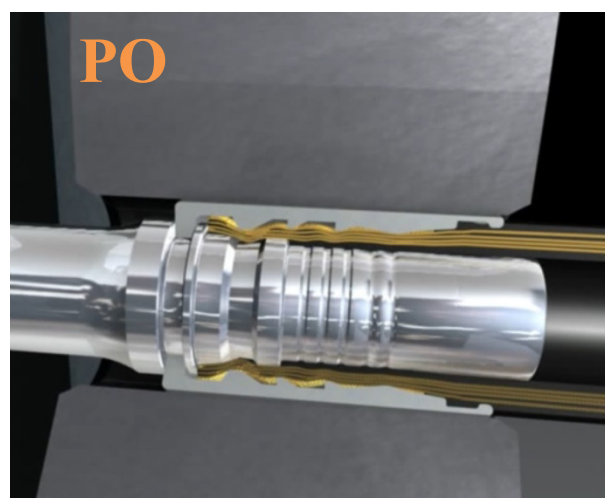
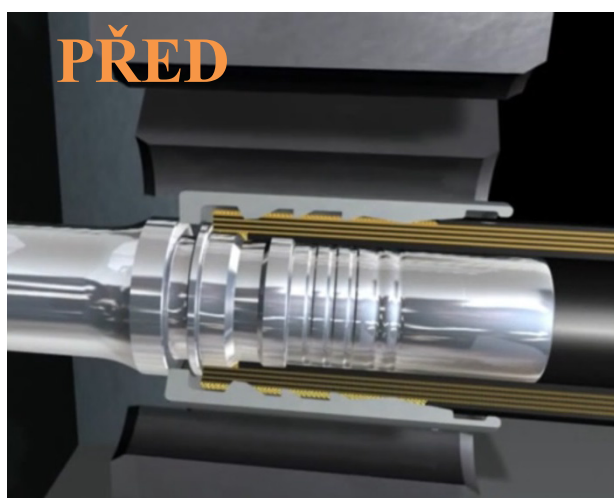
Obr. 3 – Různé koncovky a objímky hadic [2]

Pracovník má tedy připravenou ořezanou hadici, koncovky a objímky. Nejprve na hadici nasune objímku, poté koncovku namaže olejem a nasune do hadice. U nižších světlostí to není náročná záležitost, zvláště při použití oleje. U větších se používá lisovacího stroje, který koncovku do hadice nasune tlakem. Po tomto kroku pracovník nastaví vzájemnou úhlovou polohu koncovek dle přání zákazníka. Tento krok se vynechává u přímých koncovek, kdežto u zahnutých a zvláště při armování kratších hadic je tento úkon nezbytný, aby hadice nebyla po montáži namáhána krutem.

Posledním krokem je samotné zalisování objímky. To se provádí na armovacím lisu. Pracovník si dle speciálních tabulek vybere čelisti a vloží je do lisu. Na lisu nastaví požadovaný průměr, na kterém se lisování zastaví. Poté stačí připravenou hadici vložit do čelistí a tlačítkem nebo nožním pedálem spustit proces lisování. Následně čelisti rozevře, zalisuje opačný konec hadice a tímto je armovaná hadice hotová. Kvalitu nalisování pracovník vizuálně zkontroluje a posuvným měřidlem ověří průměr nalisované objímky.



Obr. 4 – Armování koncovky na hadici lisem Uniflex [1]



Obr. 5 – Průběh armování v řezu [15]

Nakonec se vnitřním průměrem prostřelí speciální projektil z pórovitého materiálu, který z hadice odstraní odpad od řezání, broušení, zbytky oleje a konzervační látky.



Obr. 6 – Nástroj pro čištění a projektily [18]

Pokud si zákazník žádá tlakové přezkoušení, musí ještě hadice do stolice na testování hydraulických hadic, kde se zkouší minimálně 2-násobkem pracovního tlaku. Zkouška má statický charakter a trvá v řádu desítek sekund. Pracovním médiem je nejčastěji voda, olejová emulze nebo olej.

Před expedicí se musí konce uzavřít buď speciálními víčky (obr. 7) nebo se konce zatavují do tepelně smrštitelné fólie.



Obr. 7 – Finální podoba armovaných hydraulických hadic [2]

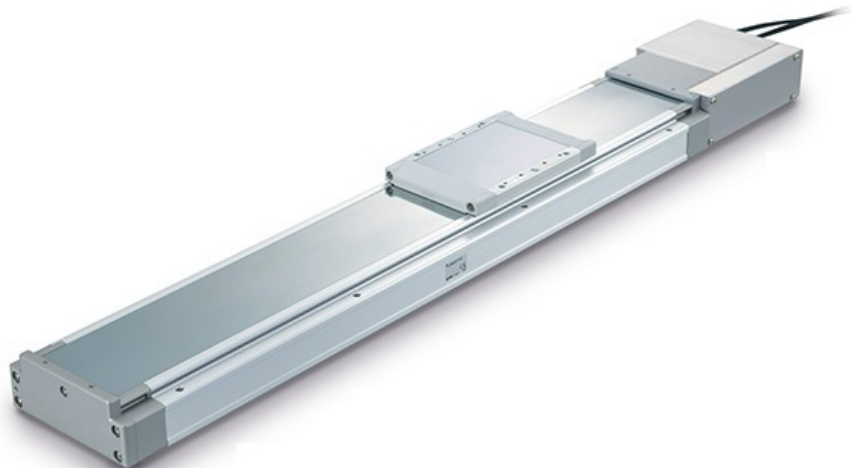
3 Návrh pneumatického systému pro upínání volného konce hadic

Návrhů upínacího systému bude několik, z nichž se bude realizovat pouze jeden. První provedení mě napadlo ihned po zadání práce. Pro konstrukci bych použil lineární bezpístnicový motor s požadovanou délkou, která by určovala i maximální délku řezané hadice. Například SMC vyrábí maximální délku 2 m, Parker 3,5 m. Pokud by bylo potřeba delší, tak Parker má v nabídce i aktuátor se zdvihem 41 m.



Obr. 8 – Bepístnicový lineární motor Parker [4]

Místo bezpístnicového motoru by se dal použít elektrický lineární pohon. Vyrábí se v provedení s vedením suportu prostřednictvím řemene nebo šroubu. Jeho hlavní nevýhodou je poměrně malý zdvih – maximálně 3000 mm.



Obr. 9 – Elektrický lineární pohon [7]

Pro uchycení volného konce hadice bych použil pneumatické chapadlo s čelistmi, které by měly eliptický tvar pro lepší uchycení hadice. Navíc by bylo možné čelisti vyměnit, a tím zajistit kompatibilitu s širší škálou světlostí hadic. Další možnost je luneta kruhového tvaru s gumovou duší na vnitřní straně, která by po přivedení tlaku zmenšila průměr, čímž by vloženou hadici sevřela.

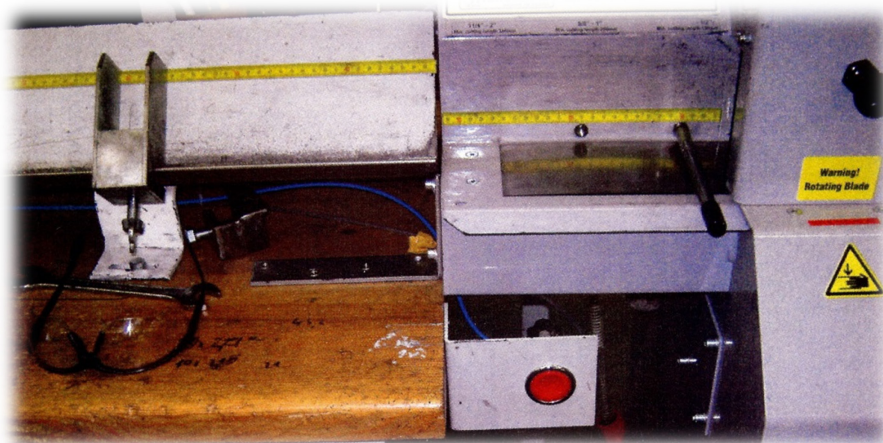


Obr. 10 – Různá provedení úchopných hlavic [4]

Toto uchopovací zařízení by bylo namontováno na jezdce lineárního motoru, který by zajišťoval samotný posun. Systém by však bylo nutné vybavit odměřováním polohy a proporčním rozváděčem.

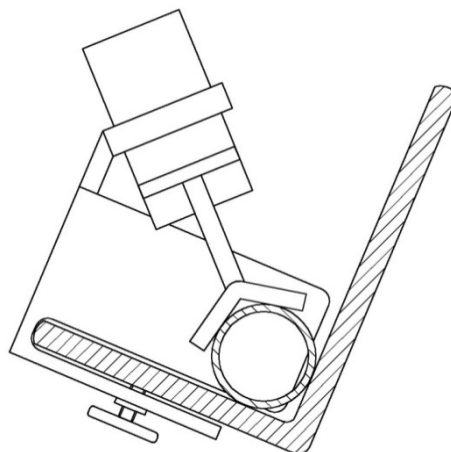
Pro obsluhu by to sice bylo velmi komfortní, protože by si mohla na displeji nastavit požadovanou délku hadice a poté upnout hadici. Zařízení by mu hadici posunulo a pracovník by jen provedl řez. Velikou nevýhodou je vysoká cena prvků. Uvádím to však jako jedno z možných řešení.

Realizovatelnému a mnohem levnějšímu provedení je věnována většina bakalářské práce. Jde o to, aby pracovník mohl sám řezat dlouhé hadice. Tedy si nastavil požadovanou délku manuálně, přirazil konec hadice a hadici zafixoval, aby byl řez proveden přesně dle požadavků. Takto vypadá zařízení na řezání hadic ve většině podniků:



Obr. 11 – Stolice pro krácení hydraulických hadic

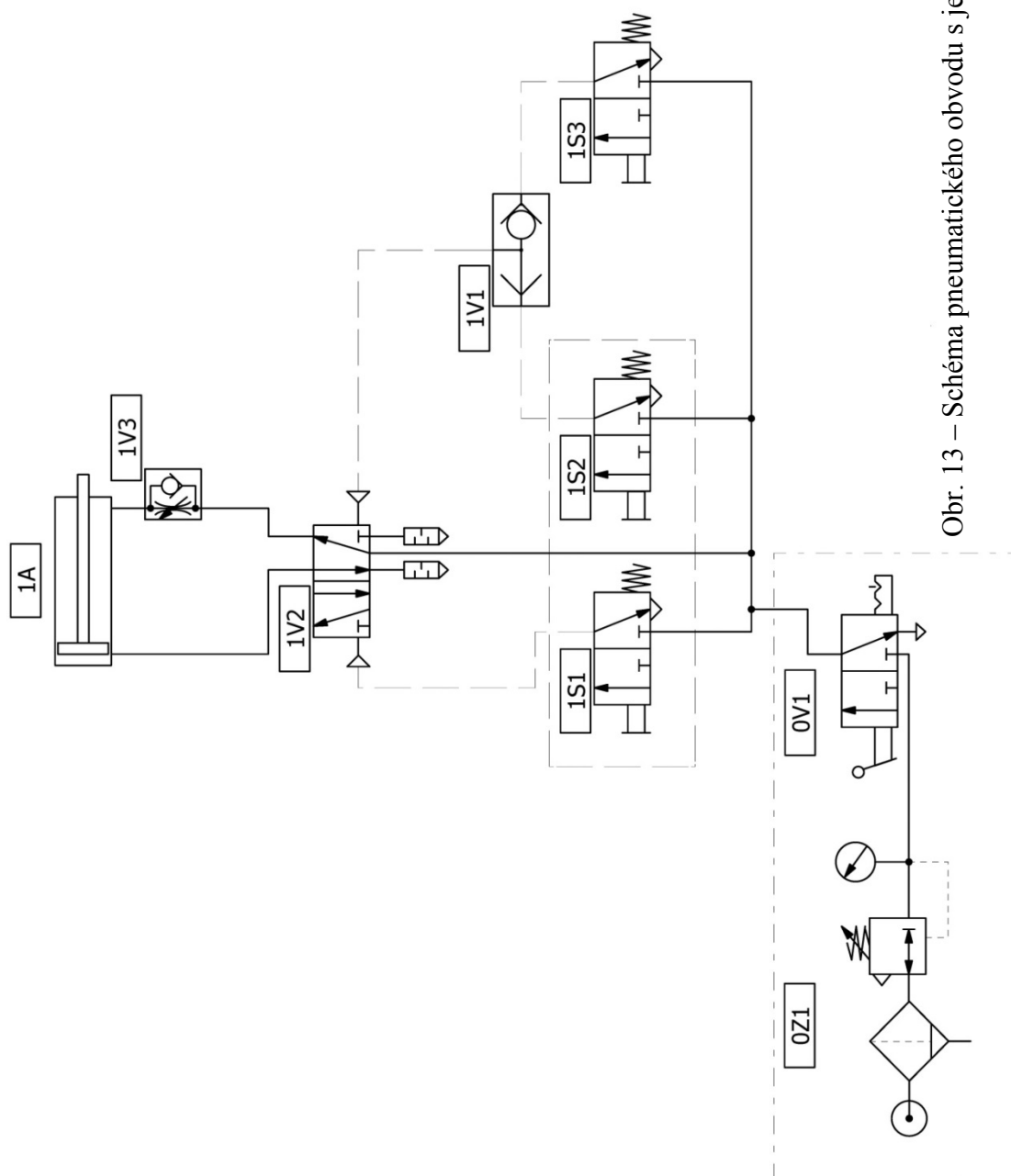
Mým úkolem je k posuvnému dorazu přichytit lineární motor a doplnit ovládací prvky. S tímto systémem bude obsluha postupovat následovně - pracovník si nastaví požadovanou délku, jezdec upevní pomocí šroubu, přes pilu natáhne hadici až po doraz a tlačítkem si hadici prostřednictvím pneumatického válce zafixuje. Pak jen popojde k pile, napne hadici, kterou mu přidržuje pneumomotor, provede řez a tlačítkem u řezačky hadici uvolní. Předběžný schématický návrh je na obrázku níže:



Obr. 12 – Předběžný návrh přidržného systému

4 Schéma a popis pneumatického obvodu

Pro výše popsanou variantu upínání pomocí pneumatického válce jsem navrhl následující schéma pneumatického obvodu:



Obr. 13 – Schéma pneumatického obvodu s jedním motorem

4.1 Popis funkce

Obvod má na vstupu jednotku pro úpravu vzduchu, kde dojde k filtraci, odloučení kondenzátu a regulátorem můžeme nastavit tlak vzduchu, což omezí sílu přítlaku pístnice. To je vhodné například u hadic větších světlostí. Jednotka pro úpravu vzduchu bude umístěna poblíž stolice, nejlépe na stěně. Motor 1A, rozváděč 1V2 a dvě tlačítka 1S1, 1S2 včetně logického členu OR 1V1 budou na pohyblivém jezdcí. Poslední tlačítko 1S3 bude umístěno u řezačky.

Funkce je následující – pracovník si pohyblivým jezdcem nastaví požadovanou délku řezané hadice za pomoci měřidla umístěného na L profilu. Jezdce pomocí šroubu zafixuje. Poté směrem od pily natáhne hadici až po doraz, stiskne tlačítko 1S1 na jezdcí, čímž uvede motor 1A do provozu a dojde k zafixování hadice. Následně přejde k pile, hadici napne a provede řez. Tlačítkem u pily 1S3 motor 1A na jezdcí uvolní a hadice požadované délky je hotová. Uvolnění lze provést i druhým tlačítkem 1S2 na jezdcí, což je vhodné pokud by špatně nastavil délku nebo by z nějakého důvodu potřeboval hadici uvolnit. Tímto opatřením nemusí přecházet na opačný konec, aby mohl toto uvolnění provést. U řezačky je však pouze uvolňovací tlačítko, protože upnutí musí provést přesně, a proto je nesmyslné zde umístit i tlačítko pro upnutí.

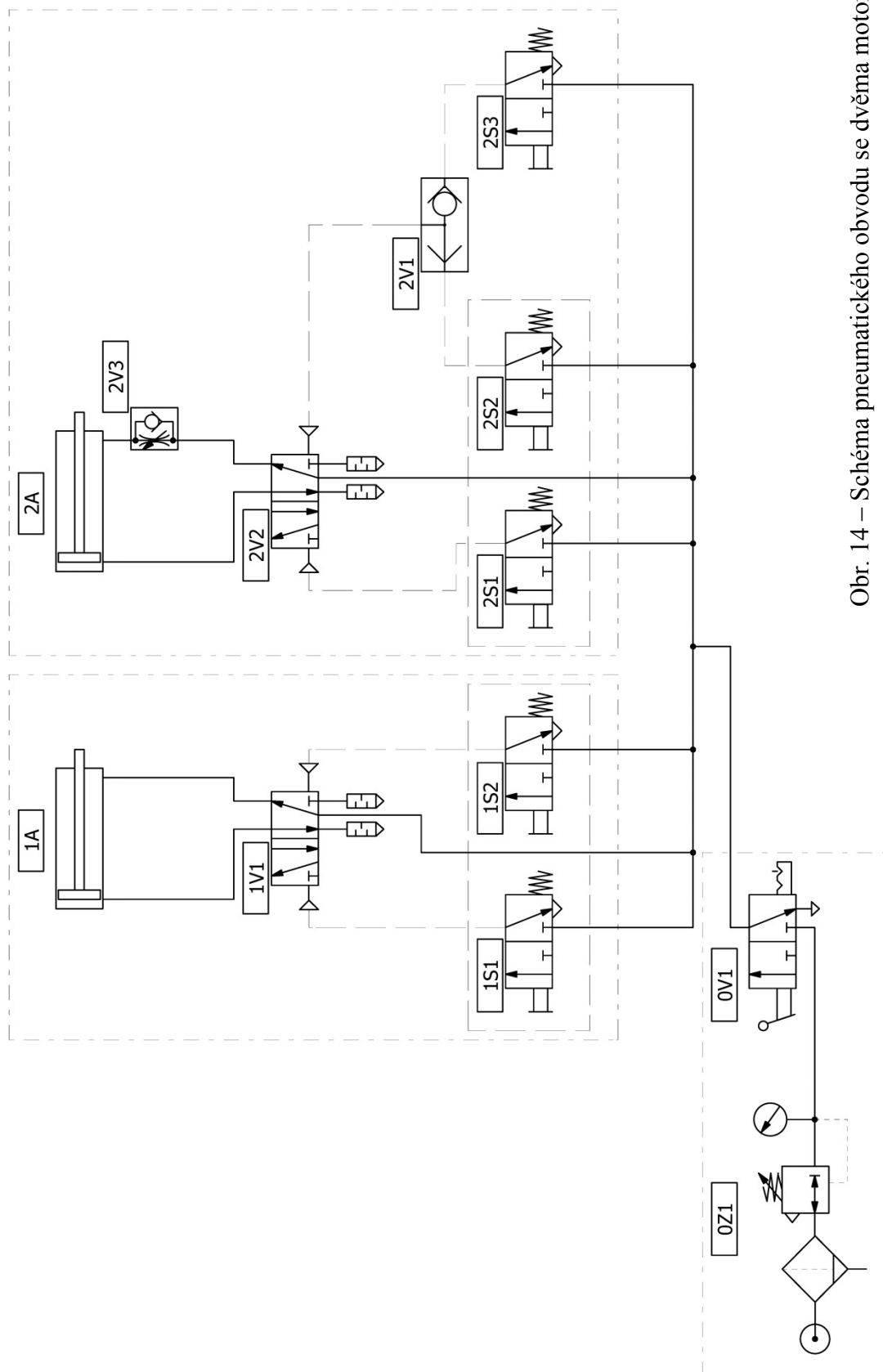
5 Varianta se dvěma motory

U předchozí varianty probíhá znehybnění jezdcí ručně prostřednictvím šroubu. Proč však nevyužít tlakového vzduchu na jezdcí? Jednoduše jezdcí doplnit druhým motorem, který by nahradil funkci šroubu. Nejjednodušší uchycení motoru by bylo pístnicí kolmo na plochu. Zdvih stačí malý, proto by bylo nejvhodnější použít kompaktní válec. Firma Parker nabízí řadu P1P Compact. Konkrétní model nevolím, protože toto provedení se bude jen simulovat na trenažeru, ale nebude se realizovat.

Ovládání by se lišilo přidáním dvou tlačítek 1S1 a 1S2 na jezdcí, kterými by se ovládal druhý válec 1A. Kombinovat ovládání se stávajícími tlačítky by šlo také, ale poté by se při každém uvolnění hadice uvolnil i celý jezdec, což by bylo nevýhodné zejména při řezání několika hadic stejné délky. Obsluha si nastaví pozici jezdcí (délku), stiskem tlačítka 1S1 upevní jezdcí motorem, poté jen zafixuje hadici a provede řez. Po uvolnění hadice jezdec zůstane stále zafixován do doby, než jej uvolní tlačítkem 1S2.

Schéma se dvěma motory je na obr. 14. Toto provedení bude ověřeno na trenažeru, ale nebude se realizovat.

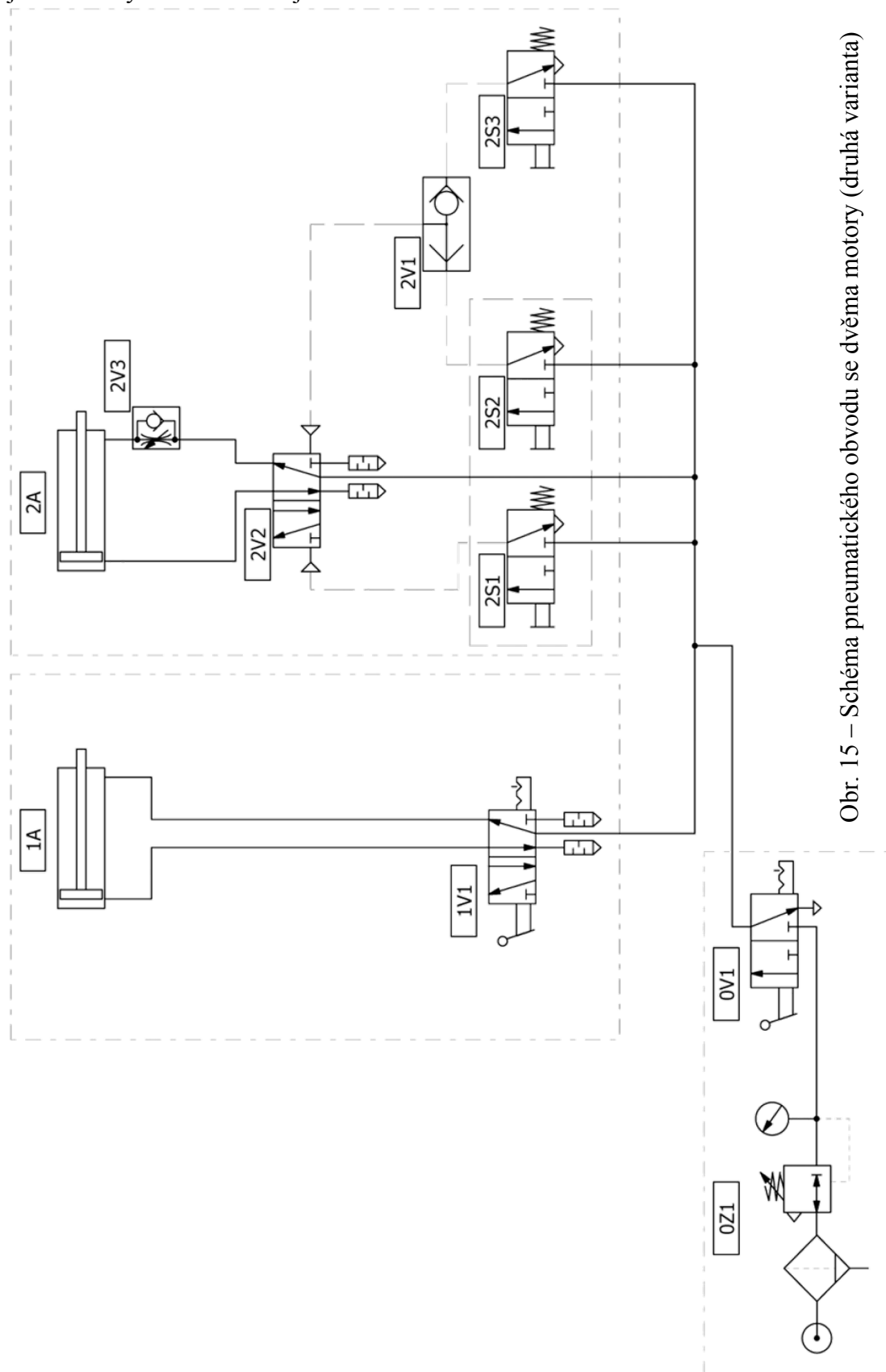
5.1 Schéma pneumatického obvodu se dvěma motory



Obr. 14 – Schéma pneumatického obvodu se dvěma motory

5.2 Použití ventilu 5/2 s aretací

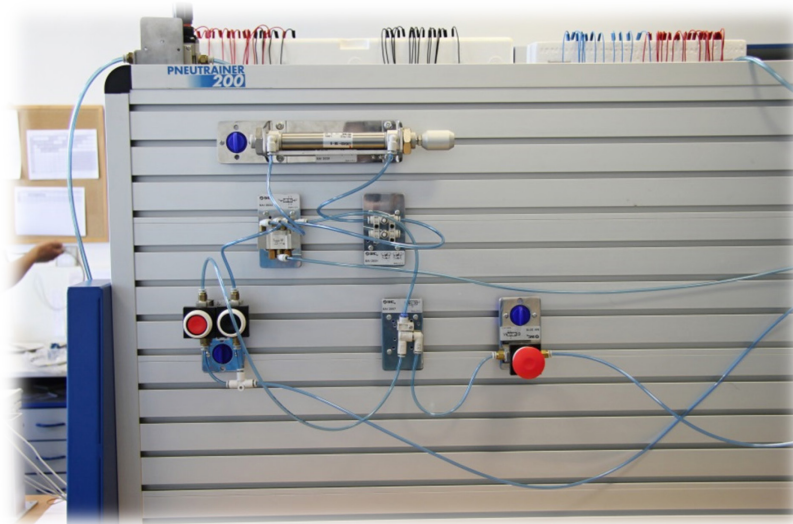
Namísto dvou tlačítek 1S1, 1S2 a rozváděče 1V1 pro ovládání motoru 1A pro aretaci jezdce by bylo možné použít 5/2 rozváděč s aretací ovládaný točítkem. Náhrada zjednoduší systém a zredukuje cenu.



Obr. 15 – Schéma pneumatického obvodu se dvěma motory (druhá varianta)

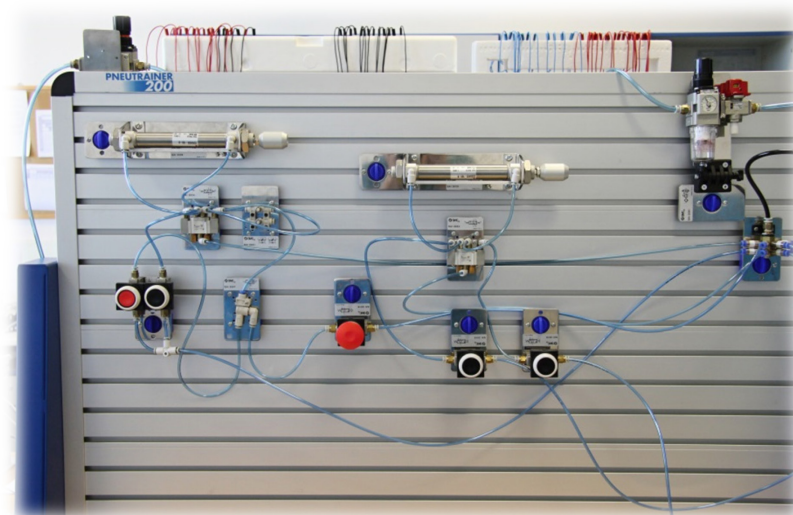
6 Praktické ověření funkce

Součástí zadání je také ověření funkce systému na trenažeru. V laboratoři jsem sestavil obvod jak s jedním, tak dvěma motory a simuloval provoz. Všechny funkce fungovaly bez problému. Škrticím ventilem se regulovala rychlost vysouvání, a pokud jsem snížil tlak v obvodu vstupním regulátorem, tak se omezila přítlačná síla.



Obr. 16 – Ověření funkčnosti na trenažeru

Na trenažeru jsem také ověřil funkčnost verze se dvěma motory (obr. 14). Motory jsou ve stejné orientaci, protože provedení úchyťů na trenažeru nedovoluje otáčet prvky. Na ověření funkčnosti to však nemá vliv. Motor napravo je na schématu z obr. 14 označen 1A. Na trenažeru jsem následně vyzkoušel také verzi z obr. 15, kdy jsem vyzkoušel přímé řízení pomocí 5/2 rozváděče s aretací a ovládáním pomocí točítka. Tento způsob ovládání je vhodný pro ventily malých světlostí a průtoků. Přestavovací síla je malá a průtok je pro konkrétní aplikaci dostačující.



Obr. 17 – Ověření funkčnosti návrhu se dvěma motory

7 Volba prvků

Jak je psáno výše, návrh upínacího systému a potřebných prvků bude pro verzi s jedním motorem a mechanickou aretací jezdce pomocí šroubu. Jelikož zadání vychází z firmy Parker, rozhodl jsem se systém kompletně osadit prvky tohoto výrobce. Sortiment je velmi rozsáhlý, katalogy jsou přehledné a dostupné z internetových stránek v různých jazycích – některé dokonce v češtině.

7.1 Přímočarý motor

Problém nastal při volbě přitlačné síly. Musel jsem zvolit kompromis mezi dostatečnou silou, která však nebude deformovat hadici. Problematiku přitlačné síly jsem začal řešit telefonátem do firmy Charvát Group s.r.o., kde dělají i velkosériovou výrobu hadic (až 150 000 kusů měsíčně), což je prací spíše poloautomatů. Sílu jsem však nezjistil, protože tyto stroje přídržný systém nepoužívají. Jakmile jsem jim vysvětlil můj problém, tak mi sílu nedokázali poradit. Proto přišlo na řadu experimentování – použil jsem starou osobní váhu, kterou jsem rukama stlačoval a simuloval tak tlak na hadici. Ideální mi přišla síla 400 až 500 N.

Toto jsem si chtěl ještě prakticky vyzkoušet, a proto jsem v naší firmě položil hydraulickou hadici DN8 na tvrdou podložku a zkoušel jsem na ni lehce stoupnout a zatížit právě silou cca 400 N. Při tomto zatížení už se hadice nedala posunout, pouze při škubání jsem ji postupně uvolnil, což se však v mé aplikaci praktikovat nebude. Při zatížení silou přibližně 900 N hadice nevykazovala známky deformace. Jednalo se však o relativně malou světlost a mé zařízení musí být variabilní pro určitou škálu světlostí a průměrově větší hadice by se při této síle už deformovat mohly. Po konzultaci s vedoucím práce budou hadice fixovány přitlačnou silou 400 N. Zdvih kvůli rozsahu světlostí volím 100 mm.

Výpočet velikosti pneumatického válce

Motor volím Parker řady P1D, což jsou běžné válce s širokou škálou velikostí a zdvihů. Pracovní tlak volím 0,5 MPa, který bude ze zdroje tlaku omezován regulátorem. Vzhledem k účinnosti motoru a třecím ztrátám sílu navyšuji o 20%.

$$S = \frac{F}{p}$$

$$\frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{F}{p}$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 400 \cdot 1,2}{\pi \cdot 0,5 \cdot 10^6}} = 34,96 \text{ mm}$$

Dle katalogu volím průměr pístu nejbližší vyšší, tedy 40 mm. Přesné označení modelu je P1D-S040MS-0100. Rychlost pohybu pístnice volím 100 mm/s. Připadá mi zbytečné a možná i nevýhodné použít vyšších rychlostí.



Obr. 18 – Lineární motor Parker řady P1D [8]

Technické parametry

Průměr pístu	40 mm
Průměr pístní tyče	16 mm
Zdvih	100 mm
Maximální tlak	1 MPa
Pracovní teplota	-20 °C až 80 °C
Pracovní médium	suchý, filtrovaný stlačený vzduch
Max. vysouvací síla při 0,5 MPa	628 N
Závitové přípoje	G1/4"
Pracovní rychlost	100 až 250 mm/s
Hmotnost základní části	0,8 kg
Hmotnost 10 mm zdvihu	0,033 kg

Tab. 1 – Technické parametry válce

Parker k motorům vyrábí celou škálu příslušenství a úchytů. Motor bude uchycen pomocí příruby na předním konci, označené MF1. Šroubení je standardní G1/4", dá se však objednat již s nástrčným konektorem pro připojení hadice. Je možno zvolit přímé nebo úhlové hrdlo. Volím úhlové hrdlo. Kompletní objednáací kód včetně příruby MF1 a konektoru:

P1D-S040MS-0100N1NN6

7.2 Jednosměrný škrticí ventil

Rychlost vysouvání zřejmě bude více než 100 mm/s, a proto do systému ještě zařazují regulátor průtoku s nástrčným připojením a nastavitelným omezením výstupu PTFL4PB6-1/4. Člen se montuje přímo na výfukové hrdlo válce. Škrticí ventil je funkční jen při vysouvání pístnice, při zasouvání vzduch proudí cestou menšího odporu, tedy přes jednosměrný ventil.



Obr. 19 – Škrticí ventil pro přímou montáž na válec [4]

Technické parametry

Způsob nastavení	klíčem
Počet otočení nast. šroubu	12,5
Připojení na hadici	ø6 mm, push-in
Závit	G1/4"
Pracovní tlak	0,1 až 1 MPa
Pracovní teplota	-25 °C až 100 °C
Maximální průtok	360 Nl/min
Hmotnost	0,074 kg

Tab. 2 – Technické parametry jednosměrného škrticího ventilu

7.3 3/2 ventily ovládané tlačítkem

Ventily s tlačítkem budou v obvodu celkem tři. Dva umístěné na jezdcí a jeden u řezačky. Parker vyrábí různé typy:



Obr. 20 – Různé provedení tlačítek [9]

Z nabídky volím klasické zapuštěné tlačítko z řady PXB. Jsou vhodná pro montáž do DIN lišty s otvorem průměru 22,5 mm. K dispozici jsou tři barevná provedení – černá, červená a zelená. Nejvhodnější se mi jeví použít černé tlačítko pro přitlačení hadice a červené pro uvolnění. Na přání zákazníka je samozřejmě možné zvolit provedení dle jeho přání. Kódy produktů:

PXB-B3111BA2 – černá

PXB-B3111BA4 – červená

Technické parametry

Způsob ovládání	ruční
Připojení	ø4 mm, push-in
Síla pro přepnutí při 0,6 MPa	8,5 N
Pracovní tlak	0,1 až 0,9 MPa
Pracovní teplota	-15 °C až 60 °C
Maximální průtok	60 l/min
Hmotnost	0,077 kg

Tab. 3 – Technické parametry ventilů s tlačítkem

7.4 5/2 Rozváděč nepřímo řízený

Pro volbu velikosti rozváděče je nutné znát okamžitou spotřebu (průtok) vzduchu. Ta se spočítá ze vztahu:

$$Q = \frac{1,4 \cdot D^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot v \cdot (p + 1 \cdot 10^5)}{10^5} = \frac{1,4 \cdot 0,04^2 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot 0,1 \cdot (0,5 \cdot 10^6 + 1 \cdot 10^5)}{10^5} =$$

$$= 0,00106 \text{ m}^3/\text{s} = 63,6 \text{ l}_N/\text{min}$$

Rozváděč volím Parker VA15-AA



Obr. 21 – Rozváděč Parker [10]

Technické parametry

Pracovní tlak	max. 1 MPa
Připojení	G1/8"
Průtok	216 l/min
Minimální řídicí tlak	0,3 MPa
Pracovní teplota	-20 °C až 70 °C
Maximální průtok	378 l/min
Hmotnost	0,33 kg

Tab. 4 – Technické parametry rozváděče

7.5 Tlumič hluku

Rozváděč není vybaven integrovaným výfukem, proto je vhodné jej osadit tlumiči hluku. Volím obyčejné plastové P6M-PAB1 a samozřejmě bude potřeba dvou kusů.



Obr. 22 – Tlumič hluku [4]

7.6 Logický člen

V obvodu musí být zařazen logický ventil OR, který umožní používat dvě tlačítka pro uvolnění hadice. Volím klasický se závity G1/8". Označení je B43005B.



Obr. 23 – Logický ventil OR [11]

Technické parametry

Pracovní tlak	0,13 až 1,7 MPa
Připojení	G1/8"
Maximální průtok	509 l/min
Materiál těla	hliník
Materiál kuličky	plast
Pracovní teplota	-10 °C až 60 °C
Hmotnost	0,1 kg

Tab. 5 – Technické parametry logického členu

7.7 Jednotka pro úpravu vzduchu

Jednotka pro úpravu vzduchu slouží k filtraci a odloučení kondenzátu. Regulátorem můžeme nastavit maximální přitlačnou sílu. Parker vyrábí i odlehčené verze pro malé průtoky, což je pro mou aplikaci vyhovující, a proto volím řadu P3L Lite. Nabízí vysokou účinnost filtrace a odloučení kondenzátu při kompaktních rozměrech. Tato řada je vybavena modulárním systémem s 1/4" porty, proto se prvky dají použít samostatně nebo jako celek bez spojování hadicemi. Lze zvolit verze s 5μm nebo 40μm a automatickým nebo manuálním odlučovačem kondenzátu.

Z katalogu volím verzi s BSPP 1/4" závitem, 5µm vložkou, manuálním odlučovačem a manometrem s rozsahem 0 až 0,8 MPa. Objednací kód je P3LEA12EPPBNGP.



Obr. 24 – Jednotka pro úpravu vzduchu [12]

Technické parametry

Maximální vstupní tlak	1 MPa
Připojení	G1/4"
Průtok	774 l/min
Filtrační vložka	5µm
Výstupní tlak	0 až 0,8 MPa
Materiál těla	plast
Pracovní teplota	0 °C až 50 °C
Hmotnost	0,12 kg

Tab. 6 – Technické parametry jednotky pro úpravu vzduchu

7.8 Odvzdušňovací ventil

Jedná se vlastně o 3/2 ventil s integrovaným výfukem, který umožňuje zastavení přívodu vzduchu do obvodu a jeho odvzdušnění. Odvzdušnění je důležité při případném zásahu do systému. Po odvzdušnění lze hadice libovolně odpojovat, kdežto pod tlakem by mohlo dojít k vymrštění hadice z konektoru, a tak dojít ke zranění osob. Řazen je ihned za jednotkou pro úpravu vzduchu, proto volím verzi s přepínačem, BSPP závitem G1/4" a na výstupu push-in ø8 mm. Katalogové označení je 7914 08 13.

Technické parametry

Maximální vstupní tlak	1 MPa
Připojení na vstupu	G1/4"
Připojení na výstupu	push-in ø8 mm
Materiál těla	plast
Pracovní teplota	-20 °C až 80 °C
Hmotnost	0,04 kg

Tab. 7 – Technické parametry ventilu



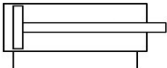


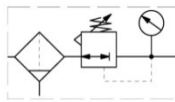
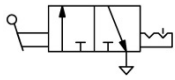


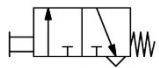

Obr. 25 – Odvzdušňovací ventil [4]

7.9 Hadice a šroubení

Stlačený vzduch bude přiveden ze zdroje tlaku do jednotky pro úpravu vzduchu přímo potrubím nebo napojen hadicí z nejbližšího odběrného místa. Proto bych na vstupu do jednotky použil vsuvku rychlospojky 23SFAK13SXN. Na výstupu z jednotky bude připojen odvzdušňovací ventil. Prvky budou mezi sebou spojeny hadicemi 6×4, které se prodávají v metráži a v různých barvách. Volím klasickou polyamidovou hadici modré barvy na 25 metrové roli 1025P06 04. Od jednotky je nutné přívod rozdělit na dvě větve – jedna povede na jezdcu upínače a druhá do ventilu s tlačítkem u řezačky. Toto rozvětvení zajistí T-kus 3104 06 00 umístěný v polovině stolu. Na upínači bude vícenásobný Y-kus 3144 06 06 se čtyřmi výstupy. Přívod však potřebují jen tři prvky, a proto jeden výstup zaslepíme zátkou 3126 06 00. Ventily s tlačítkem mají připojení push-in ø4 mm, což lze při použití hadic 6×4 vyřešit přechodkou z ø6 mm na ø4 mm 3168 06 04. Na rozváděč potřebujeme pět šroubení G1/8" 3101 06 10 pro přívod, výstupy a řídicí signály. Logický součet má závity G1/8", tudíž bude zapotřebí další tři kusy šroubení 3101 06 10.

8 Rekapitulace prvků

Zde uvádím celkový přehled prvků včetně objednacích kódů a potřebným počtem kusů. Stačí tedy prvky objednat, zapojit dle schématu a systém bude plně funkční. Některé prvky jsou baleny v krabicích např. po 10, 30 nebo 50 kusech, proto bude nutné počet kusů prokonzultovat s distributorem.

Název:	Objednací kód:	Počet kusů:
Lineární motor 	P1D-S040MS-0100N1NN6	1 ks
Rozváděč 5/2 řízený pneumaticky 	DX02-406-60	1 ks
Jednosměrný škrtkový ventil 	PTFL4PB6-1/4	1 ks
Jednotka pro úpravu vzduchu 	P3LEA12EPPBNGP	1 ks
Odvzdušňovací ventil 	7914 08 13	1 ks
Logický ventil OR 	B43005B	1 ks
3/2 ventil ovládaný tlačítkem (černé) 	PXB-B3111BA2	1 ks
3/2 ventil ovládaný tlačítkem (červené) 	PXB-B3111BA4	2 ks
Tlumič hluku 	P6M-PAB1	2 ks

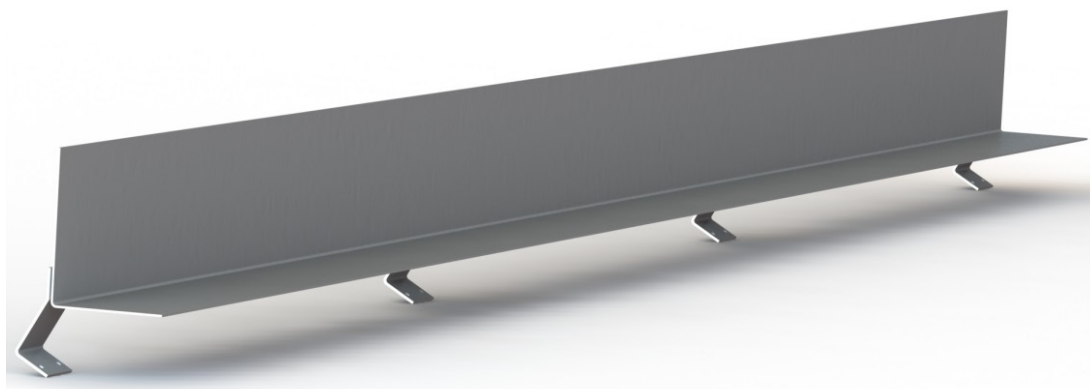
Pokračování na následující straně...

Šroubení G1/8"	3101 06 10	8 ks
Rychlospojka G1/4"	23SFAK13SXN	1 ks
Redukce	3166 06 08	1 ks
T-kus	3104 06 00	1 ks
Dvojitý Y-kus	3144 06 06	1 ks
Záslepka	3126 06 00	1 ks
Přechodka	3168 06 04	6 ks
Hadice 6×4 (role 25m)	1025P06 04	1 ks

9 Konstrukční návrh systému

9.1 Vodicí část

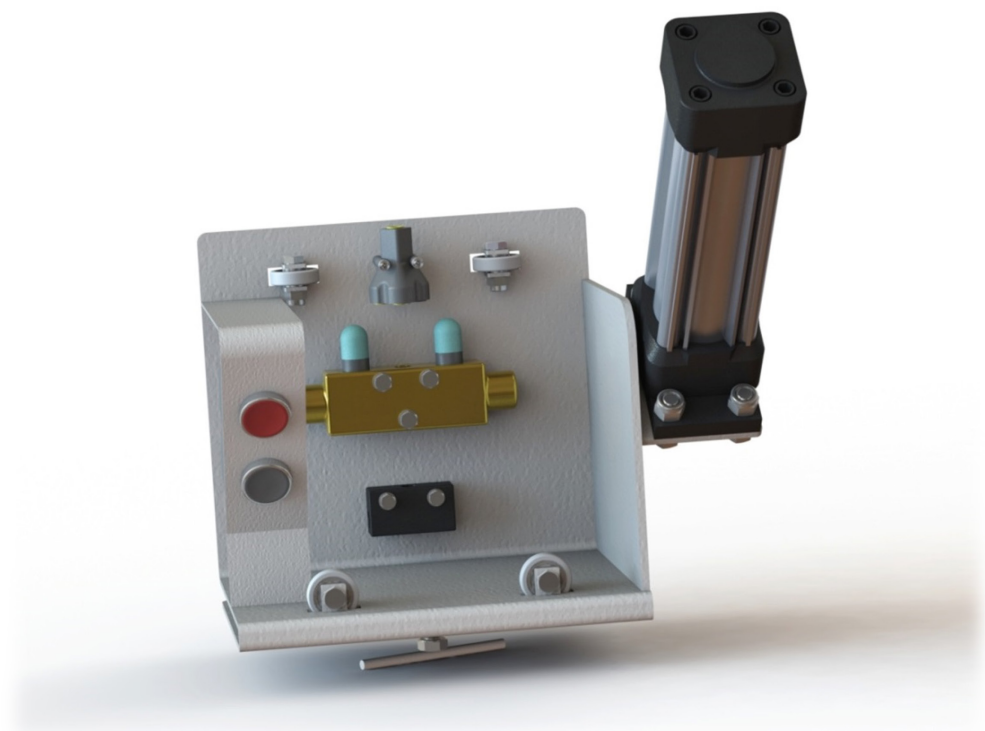
Základem bude profil vytvořený z plechu tloušťky 3 mm ohnutý do pravého úhlu. Tím vznikne profil tvaru L se stranami 150×200 mm. K podložce bude upevněn šrouby přes držáky upevněné k profilu svary. Spodní rameno profilu svírá s podložkou úhel 30°. Hadice tak z profilu nevypadne, ale zároveň je to přívětivější pro obsluhu, protože při sklopení do úhlu 45° by vznikla ostrá hrana. Délka je 4 metry. Lze však zkonstruovat jakoukoli délku – záleží na možnostech distributora materiálu, popř. by se výsledná délka dala spojit z více dílů.



Obr. 26 – Spodní část upínacího systému

9.2 Jezdec

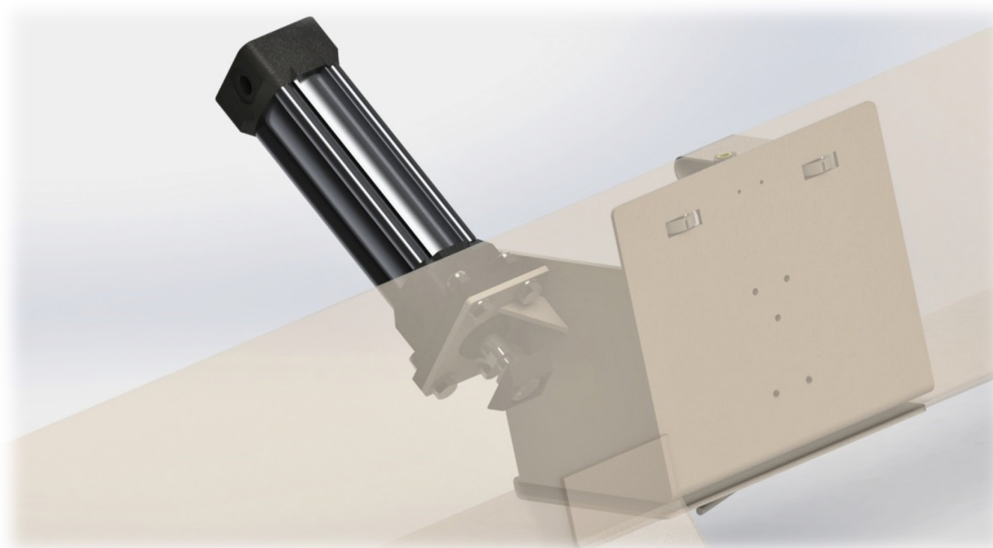
Hlavní částí celého systému je posuvný jezdec. Je vytvořen ze stejného materiálu jako spodní díl, má jen ohyb navíc ve spodní části pro upínací šroub. Vzhledem k rozměrům jezdce a hmotnosti prvků by posouvání přímo po plochách profilů nebylo optimální. Proto jsem jezdce osadil polyamidovými rolnami s kuličkovými ložisky. Jedná se o výrobek české firmy Zabi s.r.o., označení je R-25. Průměr kola je 25 mm a šířka běhounu 7 mm. Jezdec má dvě kola ve spodní části a dvě kola v části zadní, v této konfiguraci se jezdec bude po profilu pohybovat velmi lehce. Polyamidová kola navíc budou po profilu klouzat, což eliminuje vybočování vozíku do stran. Rolny jsou zapuštěné – mezi spodní částí jezdce a pevným profilem je 3mm mezera. Ta je dostatečná pro lehký chod a navíc nedojde k zasekávání vozíku při přejíždění případných nečistot nacházejících se v profilu.



Obr. 27 – Posuvný jezdec osazený pneumatickými prvky

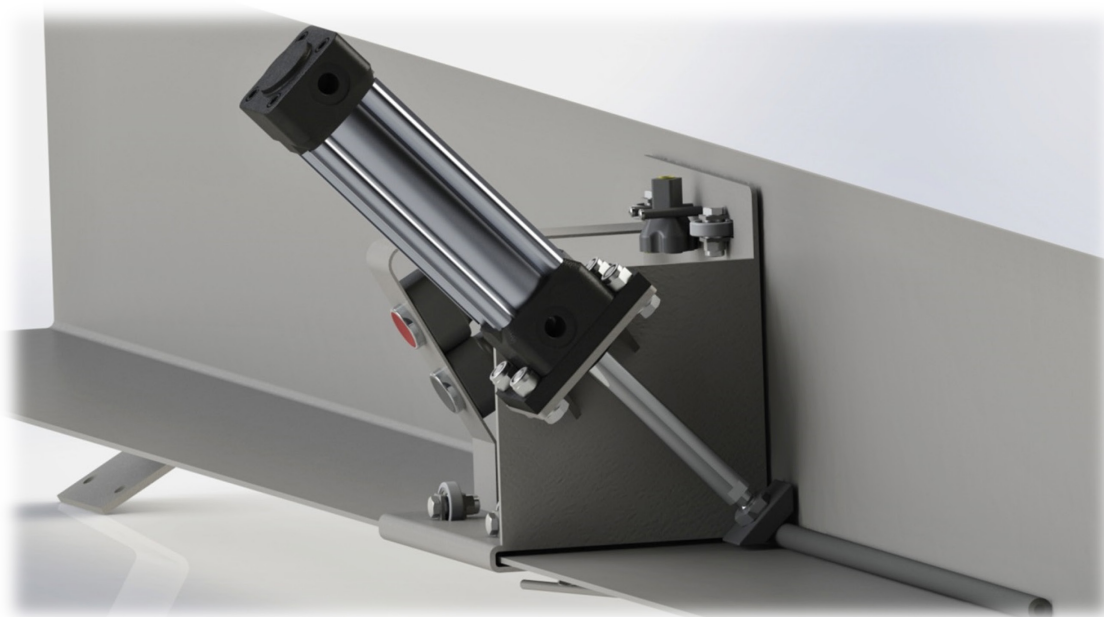
Na pravé straně je přivařen výpalek z plechu, který zároveň tvoří dorazovou plochu pro hadici. Zde je i držák motoru. Mezi držákem a výpalkem jsou navíc dvě žebra pro větší tuhost. Konstrukce je koncipovaná pro umístění pily napravo od jezdce. Pokud by zákazník požadoval opačné uspořádání, stačí pouze díly přivařit zrcadlově. Ovládací tlačítka jsou umístěna na panelu z plechu. Plech je ohnut tak, aby tlačítka svírala s podložkou úhel 90°. Na jezdci jsou dále umístěny pneumatické prvky jako rozváděč, logický člen a dvojitý Y-kus.

Jezdec je ve spodní části vybaven šroubem, který po utažení zabraňuje pojezdu. Uvažoval jsem také o možnosti fixace hadice i vozíku zároveň. Válec by při přitlačení hadice do profilu zvedl celý vozík, a tím by došlo k znehybnění. Od tohoto řešení jsem upustil, protože by zřejmě nebylo spolehlivé a navíc by obsluha při řezání více hadic stejné délky musela před každým upnutím délku opět nastavovat. Šroub je levný a funkci splní výborně.

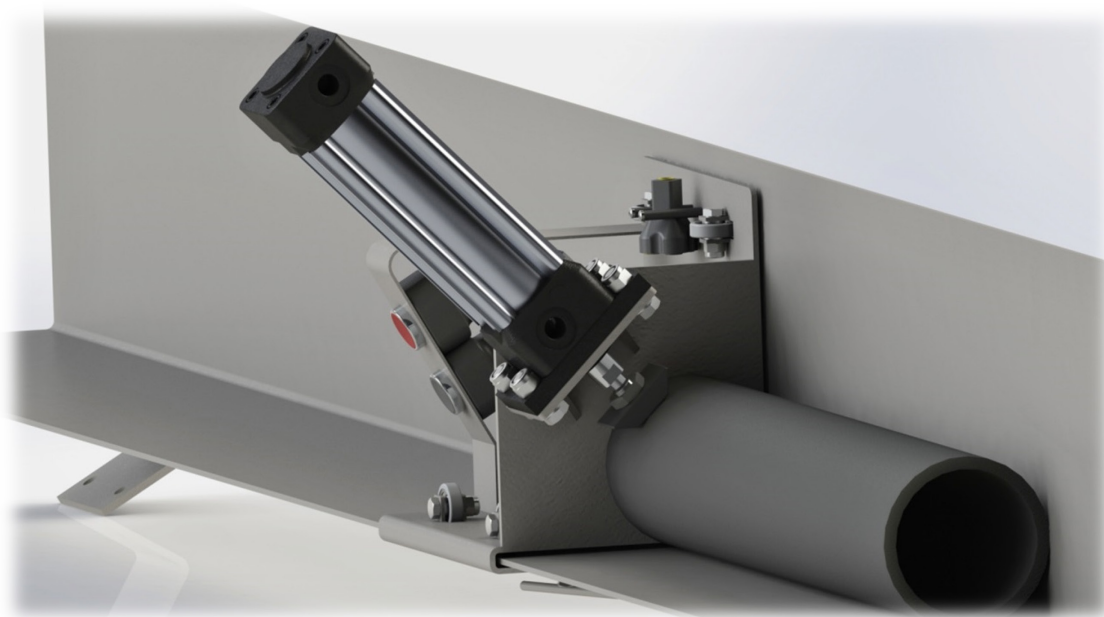


Obr. 28 – Pohled na jezdce ze zadní strany

Pístnice směřuje do vrcholu zaoblení profilu pro nejlepší přitlak. Pístnice je na konci osazena plastovým držákem pro lepší rozložení síly na hadici. Tento prvek jsem nakonec nemohl udělat ve tvaru jako na obr. 12, protože při upnutí hadic menších světlostí by se držák opřel o stěny profilu a hadici by nepřitlačil. Při tomto řešení je možné upnout hadice široké škály. Při úplném vysunutí pístnice je mezi vrcholem zaoblení profilu a držákem hadice 10 mm. Naopak při úplném zasunutí má tato mezera 110 mm. Na následující straně je zobrazen systém při použití hadic světlostí DN6 a DN76. Do systému je tedy možno upnout jak nepoužívanější světlosti, tak i průměrově větší hadice.



Obr. 29 – Simulace upnutí hadice DN6



Obr. 30 – Simulace upnutí hadice DN76

10 Barevné provedení

Celý systém je vhodné povrchově upravit kvůli zabránění vzniku koroze. Doporučuji povrch nalakovat práškovým komaxitem, který je tvrdý a docela odolný. Barvu volím krémovou, dle vzorníku RAL 9001. Na přání zákazníka je možné barvu změnit dle přání.

11 Uvedení do provozu

Po obdržení dílů z lakovny je nutné spodní část pevně uchytit ke stolu nebo konstrukci tak, aby volně navazovala na pilu. Od řezného kotouče natáhneme měřicí pásmo, které přichytíme k zadní části L profilu pomocí nýtů, popř. přilepením. Na vozík přišroubujeme rolny a aretační šroub ze spodní strany. Vozík nasuneme na L profil a můžeme začít osazovat pneumatickými prvky. Nejprve na prvky našroubujeme jednotlivá šroubení, rozváděč osadíme i tlumiči hluku. Následně prvky umístíme na svá místa pomocí šroubů. Nyní prvky propojíme hadicemi dle schématu. Délky hadic volíme tak, aby nikde nezavázely, ale zároveň nebyly moc napnuté. Pro lepší organizování hadic můžeme použít stahovací pásky. Na stěnu poblíž systému umístíme jednotku pro úpravu vzduchu s odvzdušňovacím ventilem. Pro napojení přívodní hadice musíme použít redukci z $\varnothing 8$ mm na $\varnothing 6$ mm. Odsud vedeme hadici přibližně doprostřed lavice, kde napojíme T-kus. Z T-kusu vedeme přívod až k ventilu s tlačítkem umístěného poblíž řezačky. Řídicí signál od tlačítka vedeme zpět k T-kusu a odtud povede přívod vzduchu a řídicí signál na vozík. Tyto hadice musí mít dostatečnou délku, aby neznemožňovaly pohyb vozíku po profilu. Zkontrolujeme zapojení všech komponentů dle schématu. Přivedeme tlakový vzduch do jednotky pro úpravu vzduchu ze zdroje tlaku. Systém je nyní připraven k provozu. Na regulátoru omezíme tlak na 0,5 MPa. Vyzkoušíme funkčnost systému vysunutím a následným zasunutím pístnice tlačítka. Rychlost vysouvání můžeme doladit dle potřeby škrticím ventilem na výfukovém hrdle motoru. Systém je nyní plně schopen provozu. Systém udržujte v čistém a suchém stavu. Pro čištění používejte vlhkou utěrku, popř. běžné čisticí prostředky. Systém není potřeba jakkoli mazat!

11.1 Postup při krácení hadic

Obsluha si připraví požadovanou hadici. Pomocí měřidla na profilu si nastaví délku řezané hadice a zafixuje jezdce pomocí šroubu ze spodní strany. Přes řezačku odmotá hadici a vloží ji do profilu až na doraz jezdce. Jednou rukou si přidrží konec hadice na dorazu a druhou stiskne tlačítko pro vysunutí pístnice. Nyní je hadice pevně upnuta. Pracovník přejde k pile, hadici lehce napne a provede řez. Stisknutím tlačítka u pily nebo na jezdci dojde k uvolnění hadice. Nyní může proces opakovat při řezání více kusů stejné délky nebo jezdce šroubem povolit a přenastavit délku.

12 Závěr

Po seznámení s výrobou hadicových montáží se práce zabývala hlavně návrhem upínacího systému. Stručně jsem uvedl různé varianty – použití bezpístnicového motoru a elektrického pohonu s využitím úchopných hlavic. Následně jsem došel k variantě s pneumatickým lineárním motorem, které je věnována většina bakalářské práce. Nejprve bylo nutné zpracovat schéma pneumatického obvodu. Vytvořil jsem návrhy s jedním a dvěma lineárními motory, přičemž se práce zaměřovala hlavně na návrh systému s jedním motorem. Navržené obvody jsem prakticky ověřil na trenažeru v laboratoři. Ověření proběhlo úspěšně, všechny obvody fungovaly dle očekávání.

Pro systém bylo nutné zvolit prvky. Nejtěžší bylo určit sílu lineárního motoru. Tu jsem se nejprve snažil získat z podniku, kde mi však nedokázali poradit. Proto na řadu přišlo experimentování a pomocí staré osobní váhy jsem tuto sílu určil. Následně jsem mohl vypočítat velikost pístu motoru. Časově náročné bylo hledání vhodných prvků v obsáhlých katalozích. Několikrát jsem prvky pozměnil, protože při dalším listování jsem narazil na vhodnější modely. Celkový přehled použitých prvků je na straně 30 - 31.

Konstrukční návrh jsem zpracovával v CAD systému SolidWorks, který jsem nikdy dříve nepoužil. Zvolil jsem ho proto, že se ve většině firem tento software hojně využívá. Modelování v CAD mi velmi pomohlo při řešení konstrukce. Měl jsem přehled o poměrech jednotlivých dílů, a díky tomu jsem mohl konstrukci efektivně navrhnout. Statická část byla bezproblémová, jde pouze o ohnutý plech do profilu L. U návrhu vozíku to tak jednoduché nebylo. Nejprve jsem řešil rozměry tak, aby konstrukce byla dostatečně tuhá a motor vozík nepřevažoval. Vzhledem k rozměrům jsem vozík osadil rolnami, což značně zvýší komfort používání. Montáž prvků jsem pro jednoduchost volil na zadní stěnu vozíku. Po kompletním vymodelování jsem mohl simulovat upnutí hadic různých světlostí, a tím si ověřit funkčnost. Výsledky jsou vidět na renderech na straně 34. Závěrem práce je barevné provedení, pár slov k uvedení do provozu a návod pro obsluhu.

13 Použitá literatura

- [1] Konzultace ve firmě AVHB Hydraulika s.r.o., Dorazil David. Podvihovská 375, 747 70 Opava – Komárov. Zde pořízeny i fotografie.
- [2] AVHB Hydraulika s.r.o. [online]. c2013, [cit. 2014-17-1]. Dostupné z: <http://www.avhb.cz/>
- [3] Tubes International [online]. c2010, [cit. 2014-16-1]. Dostupné z: http://www.tubes-international.cz/zarizeni_pro_kompletaci_hadic.html
- [4] Parker Hannifin Czech Republic s.r.o. *Parker One Pneumatic, Kompletní řada komponentů pneumatických systémů*. [online]. c2011. [cit. 2014-29-3]. Dostupné z: http://www.parker.cz/wp-content/uploads/2014/01/Parker-One-Pneumatic_2012_web.pdf
- [5] KOLEKTIV AUTORŮ. *SMC Training – Stlačený vzduch a jeho využití*. Brno: SMC Industrial Automation CZ s.r.o. 2. vydání. 519 s.
- [6] KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy díl 1. – Pneumatické prvky a systémy*. Ostrava: VŠB-TUO, 1996. 267 s. ISBN 80-7078-306-0
- [7] SMC Corporation. *Electric Actuator*. [online]. c2013. [cit. 2014-27-1]. Dostupné z: http://content2.smcetech.com/pdf/LEJ_EU.pdf
- [8] Parker Hannifin Ltd. *Pneumatic cylinders, Series PID*. [online]. c2013. [cit. 2014-30-3]. Dostupné z: <http://www.parker.cz/wp-content/uploads/2014/01/Pneumatic-Linear-ISO-Cylinder-P1D-Series-Catalogue-PDE2570TCUK.pdf>
- [9] Parker Hannifin Ltd. *Push-Buttons and Visual indicators*. [online]. c2006. [cit. 2014-30-3]. Dostupné z: http://www.parker.com/literature/Pneumatics%20Division%20Europe/PDE-Documents/PXB_Technical%20Catalogue-UK.pdf
- [10] Parker Hannifin Ltd. *Directional Control Valves, Series VA13 and VA15*. [online]. c2009. [cit. 2014-7-4]. Dostupné z: http://www.parker.com/literature/Pneumatics%20Division%20Europe/PDE-Documents/VA13_Technical%20Catalogue-UK.pdf

- [11] Parker Hannifin plc. *Cylinder Control, Accessories, Exhaust Silencers*. [online]. c2007. [cit. 2014-5-4]. Dostupné z: http://www.parker.com/literature/Pneumatics%20Division%20Europe/PDE-Documents/Control%20Accessories_Technical%20Catalogue-UK.pdf
- [12] Parker Hannifin Ltd. *Air Preparation System, P3L Lite Series*. [online]. c2012. [cit. 2014-10-4]. Dostupné z: http://www.parker.com/literature/Pneumatics%20Division%20Europe/PDE-Documents/P3L_Lite_Series_FRLs_Technical_Catalogue-PDE2661TCUK.pdf
- [13] Parker Hydraulic Hose Assembly.avi. In: *Youtube* [online]. 26.02.2012 [cit. 2014-16-1]. Dostupné z: <http://youtu.be/NOZ-Ech2Gxg>. Kanál uživatele xorro1010.
- [14] How to Make a Hydraulic Hose. In: *Youtube* [online]. 5.02.2013 [cit. 2014-16-1]. Dostupné z: <http://youtu.be/i9TPMTocfls>. Kanál uživatele Hoses Direct.
- [15] Aeroquip GH506 4SP How to make a multispiral hose assembly.mpg. In: *Youtube* [online]. 5.02.2013 [cit. 2014-18-1]. Dostupné z: <http://youtu.be/dEbKrl9bAFU>. Kanál uživatele SeagullDIY.
- [16] Semperflex Hydraulics. *TOP PERFORMANCE UNDER PRESSURE – SEMPERIT Hydraulic and Pressure Washer Hoses*. [online]. c2013. [cit. 2014-27-1]. Dostupné z: http://www.semperflex.com/fileadmin/img/semperflex/content/produkte/Hydraulik_neu/Katalog/Semperflex_Hydraulics_Catalogue_2013_05.pdf
- [17] CHARVÁT Group s.r.o. *Hydraulické hadice s koncovkami*. [online]. c2012. [cit. 2014-17-1]. Dostupné z: [http://www.charvat-chs.cz/sortiment/armovane-hydraulicke-hadice\[1\]](http://www.charvat-chs.cz/sortiment/armovane-hydraulicke-hadice[1])
- [18] How to Control Contamination From Hydraulic Hoses [online]. c2010. [cit. 2014-27-1]. Dostupné z: <http://www.machinerylubrication.com/Read/2350/hydraulic-hose-contamination>
- [19] BEATER, P. *Pneumatic drives: system design, modelling and control*. Berlin: Springer, 2007. 323 pp. ISBN 978-3-540-96470-0.

14 Seznam příloh

- A. Sestavný výkres včetně kusovníku
- B. CD s textem bakalářské práce a veškerými soubory modelu

Příloha A

Sestavný výkres formátu A3 včetně kusovníku vložený na vnitřní straně zadního přideští. Jedná se o výkres vozíku s označenými pozicemi jednotlivých prvků a dílů.

Příloha B

CD s textem bakalářské práce ve formátu .pdf shodný s verzí uloženou na IS Edison. Dále jsou zde veškeré soubory modelovaných dílů pro případnou tvorbu výrobních výkresů upínacího systému. Model byl vytvořen v software SolidWorks 2014.